n. 7 - L. 12.900 - 6,66 euro

## TEORIA

I potenziometri

## CONTROLLO

Oscillatore modulato

Invertitore

## TECNICA

Oscillatore astabile con 555

Oscillatore monostabile con 555

## AUDIO

VCO

Rilevatore di rumori

## LABORATORIO

L'altoparlante

**IN REGALO in questo fascicolo:**

1 Altoparlante - 2 Molle
20 cm di Filo nudo
1 Circuito integrato 555
1 Condensatore elettrolitico 10 µF
1 Resistenza da 220K, 5%, 1/4 W
1 Resistenza da 470K, 5%, 1/4 W

Peruzzo & C.

9 771129 409005 00007

NUOVO METODO PRATICO PROGRESSIVO

Direttore responsabile:
**ALBERTO PERUZZO**
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Direttore operativo:
VALENTINO LARGHI
Direttore tecnico:
ATTILIO BUCCHI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP s.a.s.
Pianificazione tecnica:
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1423 dell'12/11/99. Spedizione in abbonamento postale, gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963 Stampa: Europrint s.r.l., Zelo Buon Persico (LO). Distribuzione: SO.DI.P. S.p.a., Cinisello Balsamo (MI).



***LABORATORIO DI ELETTRONICA si compone di 52 fascicoli settimanali da collezionare in 2 raccoglitori***

**RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI**

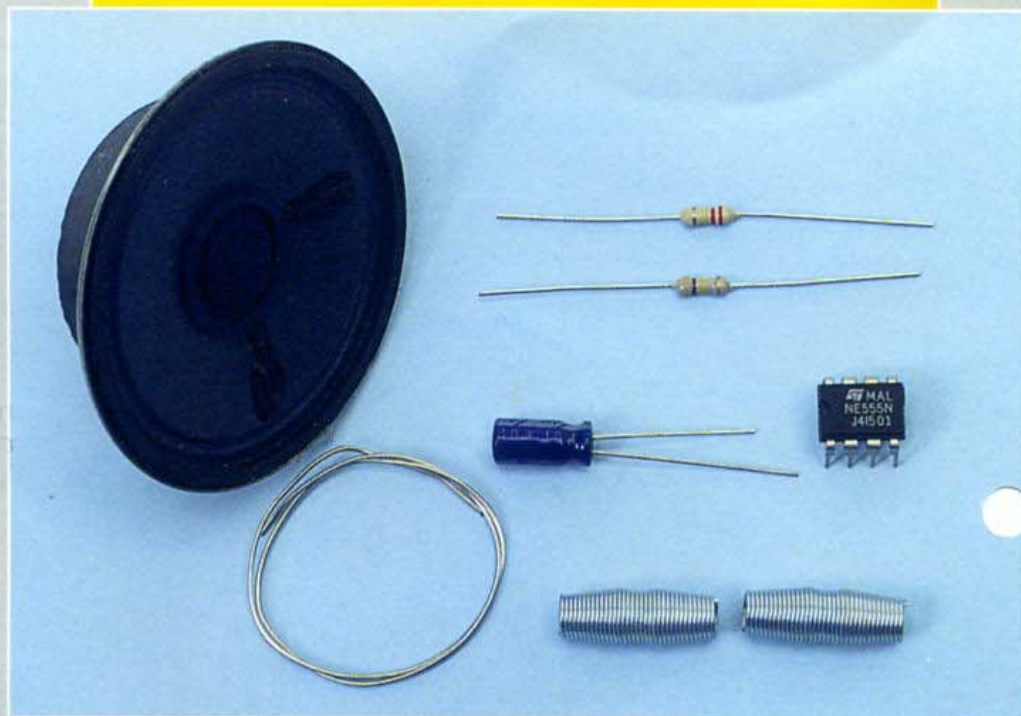
Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione (L. 3.000). Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di L. 50.000 e non superiore a L. 100.000, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a L.11.000. La spesa sarà di L. 17.500 da L. 100.000 a L. 200.000; di L. 22.500 da L. 200.000 a L. 300.000; di L. 27.500 da L.300.000 a L. 400.000; di L. 30.000 da L. 400.000 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di L.1.000, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera.
IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

**AVVISO AGLI EDICOLANTI DELLA LOMBARDIA**

Si informano gli edicolanti della Lombardia e delle zone limitrofe che, per richieste urgenti di fascicoli e raccoglitori delle nostre opere, possono rivolgersi direttamente al nostro magazzino arretrati, via Cerca 4, località Zoate, Tribiano (MI), previa telefonata al numero 02-90634178 o fax al numero 02-90634194 per accertare la disponibilità del materiale prima del ritiro.

# Costruisci il tuo LABORATORIO e pratica subito con L'ELETTRONICA

## *Controlla i componenti IN REGALO in questo fascicolo*

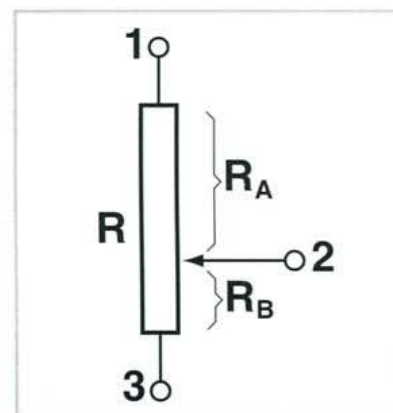
- 1 Altoparlante - 2 Molle
- 20 cm di Filo nudo
- 1 Circuito integrato 555
- 1 Condensatore elettrolitico 10 µF
- 1 Resistenza da 220K, 5%, 1/4 W
- 1 Resistenza da 470K, 5%,1/4 W

**In questo fascicolo viene fornito un altoparlante con cui si potranno realizzare esperimenti audio; inoltre vengono forniti i componenti necessari allo svolgimento degli esperimenti.**

# I potenziometri

## Un modo per conoscere il valore di una resistenza da misurare.

I circuiti devono rispettare sia le normative tecniche sia quelle amministrative, tuttavia la tolleranza dei componenti può provocare delle anomalie concernenti i dati che ci si potrebbero aspettare dalle previsioni teoriche. D'altra parte, salvo eccezioni, non è produttivo utilizzare per la fabbricazione componenti che rispecchino esattamente i valori del progetto. Di maggiore praticità, nonché economico, è l'utilizzo di componenti che, anche se di buona qualità, hanno una tolleranza conosciuta definita rispetto ai propri valori. I potenziometri sono estremamente utili per la regolazione di circuiti elettronici. Può succedere che nel corso del normale funzionamento di un circuito, si vogliano cambiare uno o più parametri: in questo caso, ad esempio nel comando del volume di uno stadio amplificatore audio, è necessario variare con una certa frequenza questi parametri. La diversità esistente tra i modelli dei potenziometri si deve alla loro notevole quantità di applicazioni.

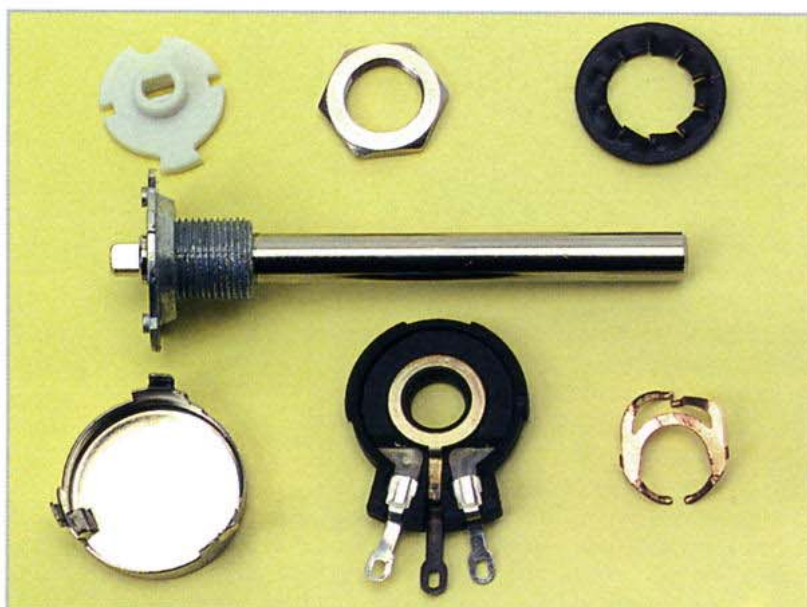
### Definizione

Il potenziometro è una resistenza i cui estremi si collegano ai relativi terminali, che dispone di un terzo terminale, il quale può venire collegato a qualsiasi punto intermedio, è mobile e si chiama cursore. Si può dire che un potenziometro altro non è se non l'insieme di due resistenze collegate in serie, $R_A + R_B$, in cui il loro punto di unione è la connessione del cursore, o terminale centrale del potenziometro. Una delle applicazioni più importanti del potenziometro è il suo utilizzo come divisore di tensione, di modo che la tensione di uscita Vs e la tensione d'entrata $V_E$ siano in relazione fra loro come nella seguente formula: $V_S = V_E * R_B/R$, dove R è la resistenza totale del potenziometro e $R_B$ è la resistenza tra un estremo e il cursore, precisamente tra l'estremo e il cursore in cui si misura Vs.

*I potenziometri sono dotati, come minimo, di tre terminali: due corrispondono agli estremi della resistenza, mentre il terzo è collegato, a seconda della posizione del cursore, in un punto intermedio tra gli estremi.*

### Potenziometri a pannello

I potenziometri a pannello sono posti, in genere, sul pannello frontale dei gruppi, il loro asse ne fuoriesce e ha il compito di consentire una comoda manipolazione. Hanno una carcassa filettata che facilita il loro inserimento nell'apparecchiatura e sono fissati per mezzo di un dado e di una rondella dentata, così da evitare che per effetto del movimento assiale possano ruotare su se stessi. Una delle loro caratteristiche più importanti è che devono sopportare tantissime manipolazioni senza che il loro funzionamento ne soffra. Tutti i loro elementi meccanici devono essere robusti, il materiale resistivo e il cursore che vi scorre sopra devono essere molto resistenti alle eventuali rigature per evitare che si logorino tra di loro a causa dell'attrito e della polvere.

*I potenziometri a pannello vengono utilizzati per controllare una serie di parametri all'interno degli apparati. L'asse di comando viene poi tagliato su misura della manopola impiegata.*

# I potenziometri

Potenziometro a pannello: parti che lo compongono.

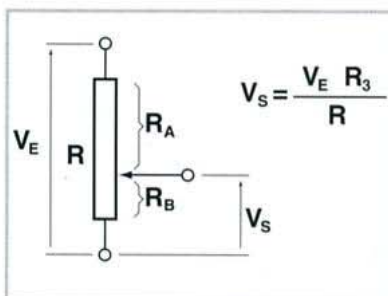
Il cursore, per mantenere il contatto con la resistenza e con la parte interna del contatto centrale, deve avere una molla e, infine, deve essere chiuso per evitare che polvere o sporco si accumulino all'interno e si interpongano tra il contatto scorrevole e la pista di materiale resistivo.

I potenziometri vengono comunemente utilizzati come comando del volume degli amplificatori audio, per dividere la tensione che il preamplificatore eroga, applicando così solamente una parte di segnale allo stadio di potenza regolando così la potenza erogata agli altoparlanti.

## Gli assi

I potenziometri più usati sono rotativi: hanno un'escursione di circa 270°. L'asse viene impiegato per azionare il cursore e deve essere isolato da esso; deve disporre di un dispositivo che, anche se consente di farlo girare dolcemente, lo mantiene in posizione corretta sotto la carcassa, per evitare che si muova. Normalmente questo dispositivo è una rondella di gomma trattata con lubrificante la quale impedisce che la sporcizia penetri attraverso l'asse all'interno del gruppo. Possono esserci diversi tipi di assi, ma i più comuni sono di metallo o di plastica, che viene poi tagliato a seconda della posizione in cui viene inserito e a seconda della manopola utilizzata.

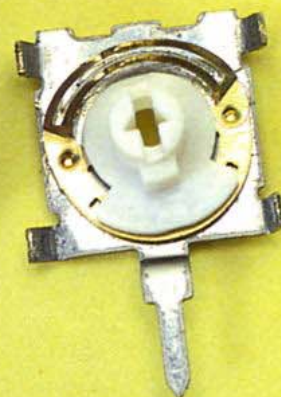
## Il valore nominale

Il dato del potenziometro che viene fornito è il suo valore nominale, è, cioè, il valore della resistenza misurata tra i contatti estremi. I valori più utilizzati sono multipli di 1, di 2,2 o di 4,7 ma si può usare anche un altro tipo che ha multipli di 1, di 2,5 e di 5. Sono i valori che si possono incontrare facilmente nelle liste dei componenti.

L'utilizzo come divisore di tensione è una delle applicazioni del potenziometro.

La resistenza e il cursore che vi scorre sopra, collegato al terminale centrale, sono i principali componenti del potenziometro.

# I potenziometri

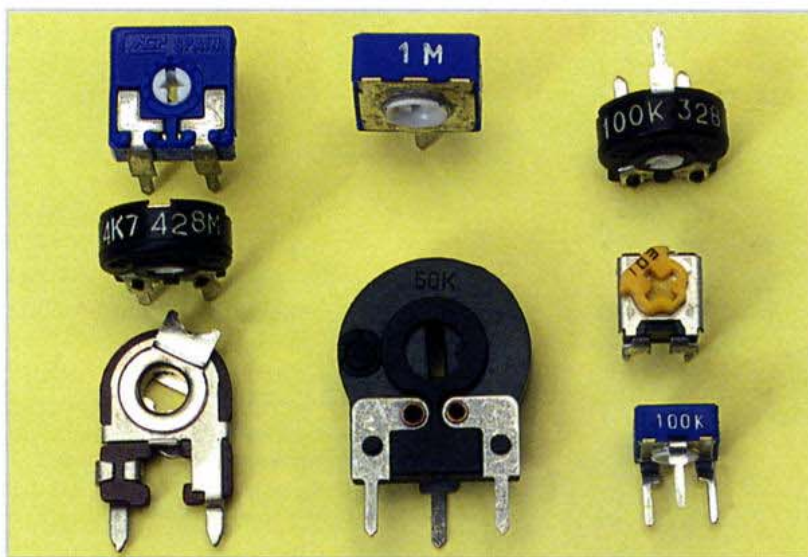
Potenziometro doppio. In realtà si tratta di due potenziometri i cui cursori vengono azionati simultaneamente.

Il potenziometro semifisso ha la funzione di quello a pannello; è necessario, però, impiegare un utensile per spostarne il cursore.

## Potenziometri semifissi

I potenziometri semifissi vengono inseriti all'interno dei circuiti e vengono normalmente utilizzati per la taratura; effettuata tale operazione, si fissa solitamente il cursore con una goccia di cera, o di smalto, per evitare che la regolazione appena eseguita cambi valore. Da un punto di vista meccanico non sono molto resistenti, anche se devono essere in grado di sopportare almeno una ventina di manipolazioni. Sono di dimensioni ridotte e, in genere, i loro terminali si inseriscono nei circuiti stampati, anche se esiste una notevole varietà di modelli con terminali di connessione per montaggi di superficie.

## Potenziometri doppi

In alcuni apparati, come negli amplificatori stereo, è necessario agire simultaneamente sul comando di volume di entrambi gli amplificatori.

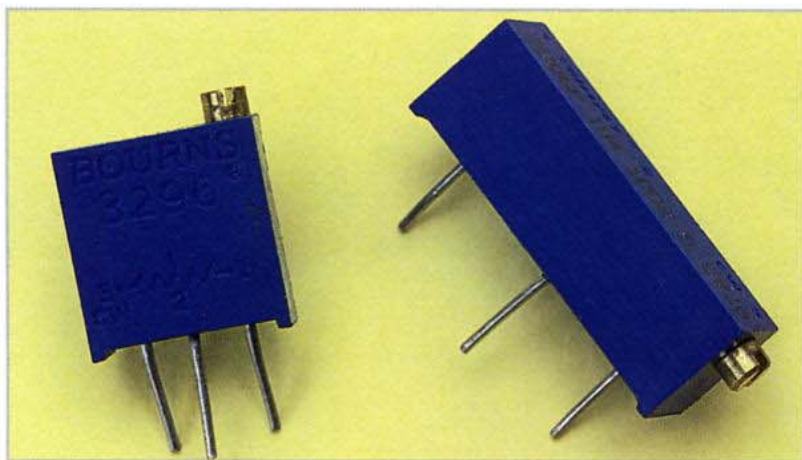
Esistono sistemi elettronici che, con un solo potenziometro, consentono il controllo simultaneo di vari canali. Fino a pochi anni fa veniva utilizzato un unico comando per ogni canale e sono ancora molti i circuiti che usano questo sistema. Il potenziometro doppio consiste di due potenziometri indipendenti azionati da un asse comune.

I potenziometri semifissi sono utilissimi per la taratura dei circuiti, perché consentono una variazione continua all'interno di un determinato margine della resistenza.

## Potenziometri multigiro

Questo tipo di potenziometro si utilizza quando è necessario posizionare il cursore con molta precisione e molto lentamente in modo da portare a termine una regolazione precisa. Ha una grande qualità meccanica, con una riduzione mediante una vite senza fine, la quale compie, solitamente 10 o 20 giri di asse prima che il cursore percorra tutta la resistenza.

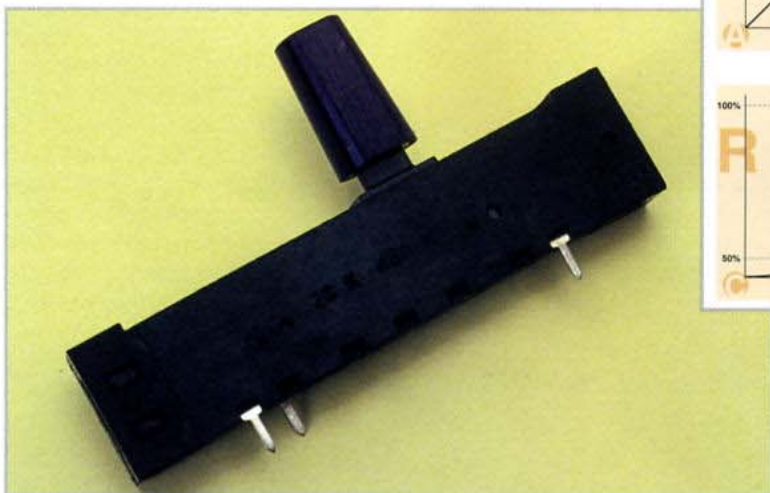
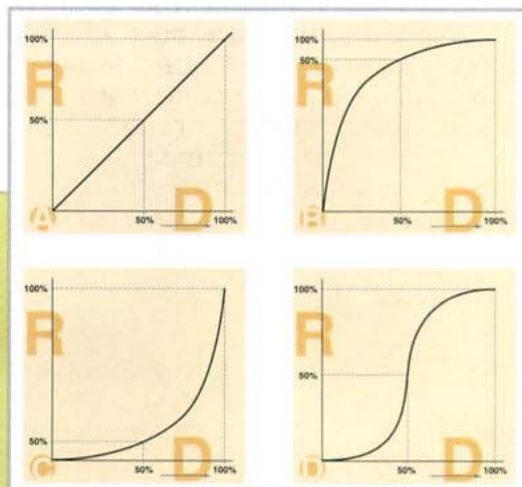
## Potenziometri lineari

I potenziometri vengono classificati a seconda del modo con cui,

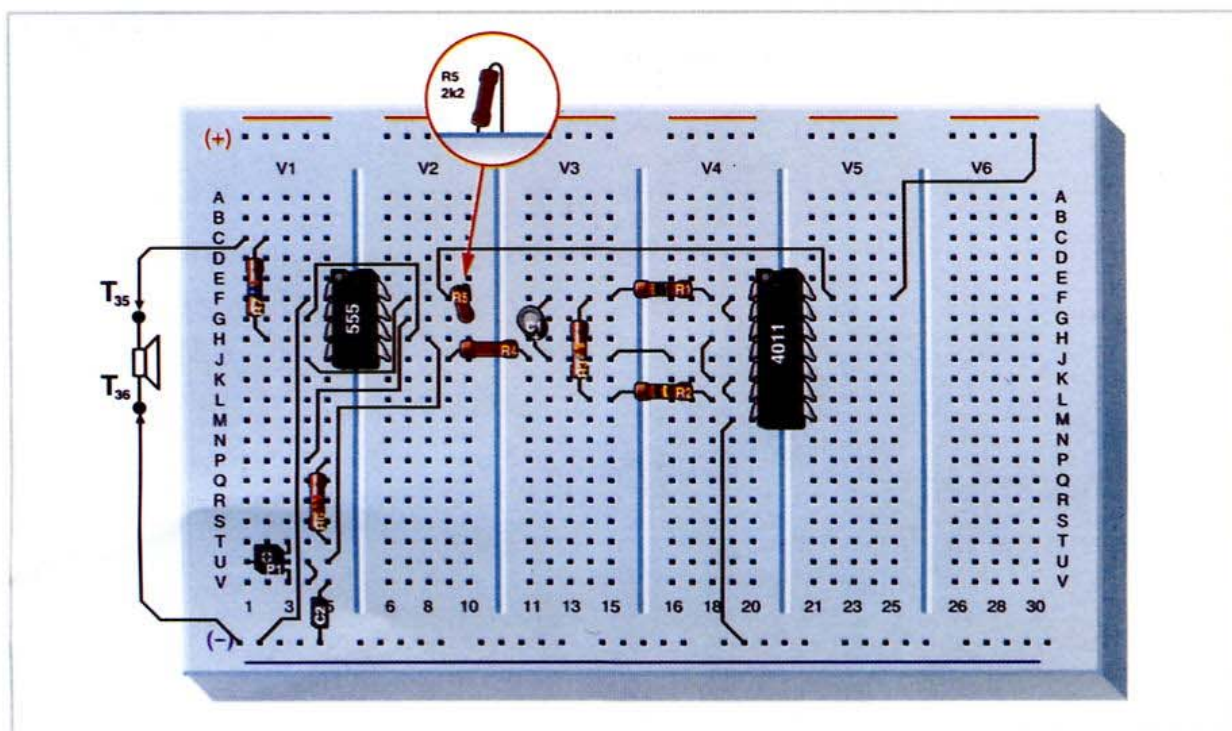
# I potenziometri

*Se è necessaria una notevole precisione di regolazione, si utilizzano dispositivi multigiro che permettono un controllo molto preciso del movimento del cursore.*

muovendo il cursore, variano la propria resistenza. Se la variazione è lineare si può utilizzare la seguente formula: R = RN*a/b, dove R è la resistenza del cursore tra il contatto del cursore e l'estremo della resistenza zero, RN è la resistenza nominale, 'b' è il giro massimo del cursore, che normalmente è una cifra intorno ai 270°, e 'a' è l'angolo percorso per arrivare alla suddetta posizione. Anche la seguente formula viene utilizzata in percentuale: R = RN*A/100, dove A è l'avanzamento, in percentuale, del contatto del cursore rispetto alla sua iniziale posizione.

## Potenziometri logaritmici

Non tutti i potenziometri hanno una legge di variazione lineare; quelli che hanno una legge di variazione logaritmica positiva hanno una resistenza, in ciascun punto, data dalla seguente formula: R = a log(B + 1), dove 'a' è una costante che dipende dal tipo di materiale utilizzato per costruire la resistenza e B è la percentuale di spostamento del cursore. Lasciamo la formula agli appassionati di matematica: la cosa più importante è che, in questo tipo di potenziometro, la resistenza aumenta molto rapidamente all'inizio del giro del comando, mentre alla fine lo fa molto lentamente. Quando il cursore è circa al centro del suo percorso, si può misurare approssimativamente un 80% della resistenza. Esiste anche una legge di variazione logaritmica negativa che ha l'effetto contrario: all'inizio del giro, cioè, le variazioni della resistenza sono molto lente. La sua formula è la seguente: R = invlog(B/A) + 1. Questi potenziometri sono, generalmente, quasi tutti da pannello e vengono impiegati nelle applicazioni audio per compensare la risposta fisiologica dell'orecchio umano, che non è lineare.

*I potenziometri a movimento lineare vengono utilizzati principalmente nei mixer.*

*Curve di variazione della resistenza in funzione dello spostamento del cursore.*
*A - Potenziometro lineare*
*B - Legge della variazione logaritmica negativa.*
*C - Legge della variazione logaritmica positiva.*
*D - Legge della variazione bilogaritmica. Questo modello è difficilmente reperibile.*

# Oscillatore modulato

## Il segnale viene modulato così da ottenere due toni di diversa frequenza.

Stiamo per realizzare un circuito che ci sarà molto utile in un'infinità di applicazioni. Si tratta di una sirena con due toni diversi che, inoltre, può essere controllata agevolmente. Collegandola all'uscita dei circuiti di allarme, la possiamo impiegare, per esempio, per indicarne lo stato di attivazione.

### Il circuito

Nello schema possiamo distinguere due parti chiaramente differenziate. Abbiamo, da un lato, un generatore astabile 4011, del quale sfrutteremo due porte; la frequenza erogata da questo oscillatore è approssimativamente 0,1 Hz e viene determinata dai valori dei componenti R2, R3 e C1 mediante l'applicazione della formula $f = 1/2{,}2*(R2 + R3)*C1$. Il circuito a destra è anch'esso un oscillatore astabile, ma, in questo caso, si è impiegato il circuito integrato 555; osservando il circuito si vedrà che è collegato all'uscita del primo astabile attraverso il terminale 5 (CV). Grazie a questa connessione, possiamo modulare il segnale del 555 per ottenere alla sua uscita, terminale 3, un segnale con due diverse frequenze, le quali daranno poi luogo, nell'altoparlante, a due differenti suoni.

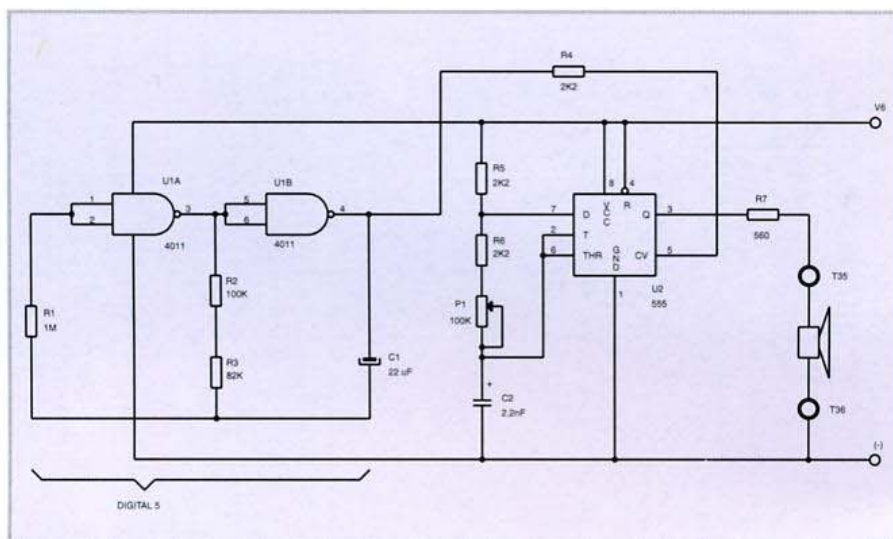
*Il circuito integrato 555 dispone di un'entrata di modulazione*

### Modulazione del 555

Come abbiamo detto, il circuito sarebbe un astabile normale in cui potremmo variare la frequenza del segnale di uscita, se il terminale 5 fosse scollegato. Questo terminale è conosciuto come entrata di modulazione e ci consente di modulare, cioè di cambiare, la frequenza di uscita. Mettendo a zero il terminale, il 555 si comporta come un astabile normale, mentre se, per mezzo di una resistenza, lo mettiamo a un livello alto, varia la frequenza di uscita. Perciò colleghiamo questo piedino all'uscita dell'altro circuito oscillatore, così da ottenere, all'uscita 3, due differenti frequenze: una, quando l'uscita U1B è '0' il 555 funzionerà come astabile normale, invece quando l'uscita U1B sarà '1', controllerà tramite il piedino CV del 555, la sua frequenza.

### Avviamento

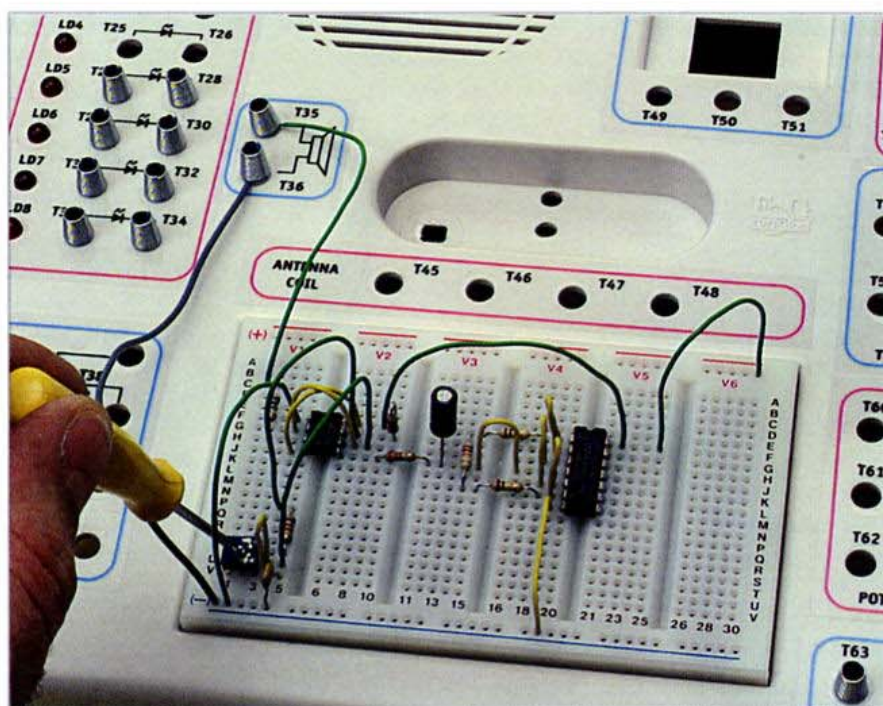
Una volta montato il circuito, il passaggio successivo sarà quello di applicare l'alimentazione

# Oscillatore modulato

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 1M |
| R2 | 100 K |
| R3 | 82 K |
| R4, R5, R6 | 2K2 |
| R7 | 560 Ω |
| P1 | 100 K |
| C1 | 22 µF |
| C2 | 2,2 nF |
| U1 | 4011 |
| U2 | 555 |
| ALTOPARLANTE | |

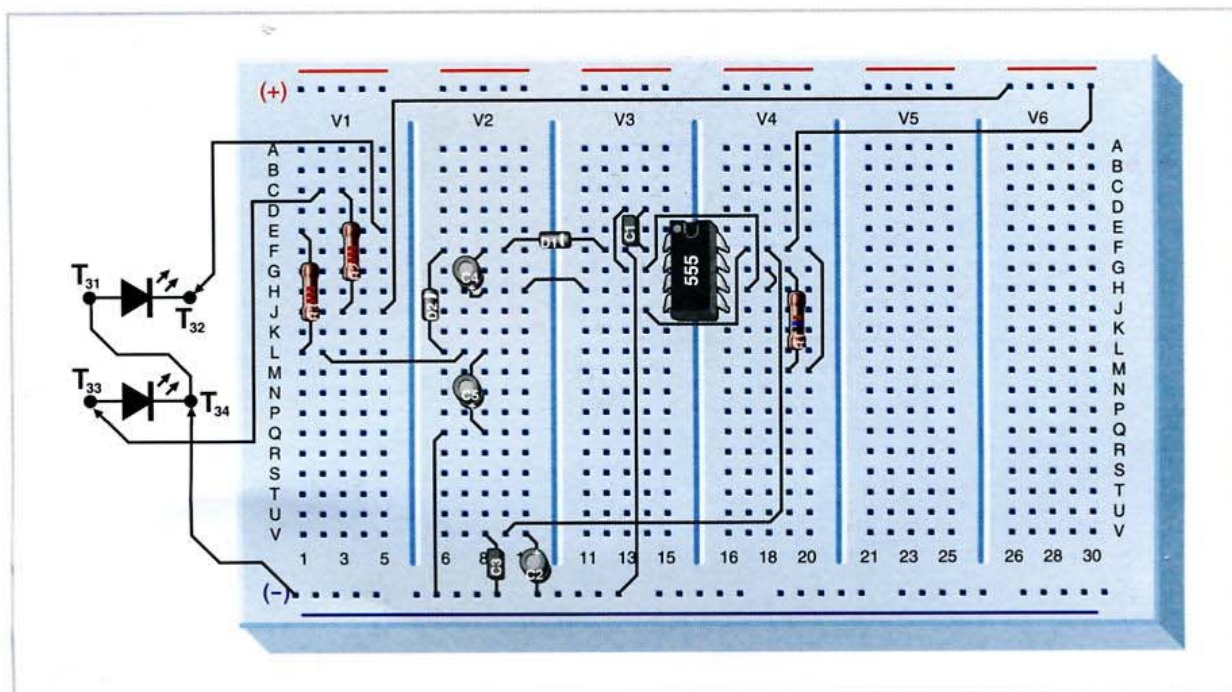
per farlo funzionare. Per riuscire a ottenere una frequenza più gradevole, lo si può modificare spostando il cursore del potenziometro P1.

Se nel collegare l'alimentazione del circuito quest'ultimo non funziona, staccheremo immediatamente l'alimentazione e verificheremo, in primo luogo, se abbiamo collegato l'alimentazione di ciascuno dei due circuiti integrati, poi la polarità dei condensatori, se sono, cioè, correttamente collocati.

## Sperimentazione

Il circuito offre molte e diverse possibilità di sperimentazione. In primo luogo possiamo variare il valore dei condensatori e delle resistenze per ottenere una diversa uscita. Aumentando una qualsiasi resistenza o un qualunque condensatore, avremo una minore frequenza; perché sia maggiore, invece, dobbiamo diminuire il valore delle resistenze, dei condensatori o di entrambi. Il circuito, però, offre maggiori possibilità. Possiamo controllarlo in modo che emetta un unico tono. A tale scopo, dovremo semplicemente collegare R1 al terminale 2 di U1A e il terminale 1 di questa porta al terminale negativo (-): in questo modo avremo fermato l'oscillatore delle porte e il 555 avrà un segnale fisso nel terminale 5 e funzionerà, quindi, come un astabile, fornendo all'uscita un tono fisso. Se mettiamo il terminale 1 di U1A nel positivo, funzionerà emettendo due toni, dato che il primo oscillatore delle porte sarà in funzione. Anche variando il valore della resistenza R4 si otterrà un tono differente di modulazione. Si potrà, inoltre, aggiungere un condensatore da 10 µF in parallelo a C1, in modo da far scendere la frequenza di modulazione.

*Con questo circuito si ottengono, intermittentemente, due diversi suoni.*

# Invertitore

## Con questo circuito, a partire da una tensione positiva ne otteniamo una negativa.

Avremo spesso bisogno di alimentare un circuito con tensione sia negativa che positiva e, quindi, dovremo disporre di un'alimentazione simmetrica, il che implica di conseguenza un incremento del costo e un aumento dello spazio; il quale, a volte, può creare problemi. Se l'assorbimento della nostra applicazione non è elevatissimo, potremo porre rimedio a questa necessità con il seguente circuito di basso costo in cui, a partire da una tensione di alimentazione di 9 Volt, che potrebbe essere quella di una sola pila, otterremo una tensione negativa, più negativa del valore zero della pila.

### Il montaggio

Nel circuito che possiamo vedere nello schema elettrico, abbiamo come entrata la tensione d'alimentazione da 9 Volt. Per poter stabilire un riferimento visivo della polarità, collochiamo il diodo LED LD8 all'uscita, con l'anodo collegato al positivo mediante una resistenza da 2K2, e il catodo collegato direttamente al negativo (-). Per produrre la tensione negativa abbiamo due circuiti collegati tra di loro ma, chiaramente, differenti. Da un lato abbiamo un oscillatore astabile modificato e, dall'altro, un circuito duplicatore di tensione che è anche invertitore. Gli impulsi d'uscita dell'oscillatore astabile (terminale 3) hanno una tensione media abbastanza piccola e quindi vengono applicati al circuito duplicatore, il quale essendo un invertitore, all'uscita fornisce una tensione più negativa di quella dello stesso terminale negativo dell'alimentazione (-). A questa uscita abbiamo collocato un altro diodo LED, LD7, con l'anodo e il catodo collegati all'uscita negativa out-put (che è più negativa), per polarizzare così correttamente il LED.

*Utilizza un circuito duplicatore invertitore*

### L'oscillatore astabile

Il montaggio realizzato con il 555 è un oscillatore astabile un po' particolare, dato che i terminali 2, 6 e 7 sono uniti tra loro. Ad ogni modo, l'uscita nel suo terminale 3 è un segnale con degli 'uno' e degli 'zero'. Se ci concentriamo sul circuito e applichiamo direttamente le equazioni che abbiamo appreso in questo montaggio, vedremo che, durante il periodo di tempo in cui l'uscita è '0', la resistenza non esiste, per cui questo periodo di tempo avrà un valore piccolissimo. Tutto ciò si spiega perché in questo modo otteniamo che il valore continuo del segnale sia il più alto possibile.

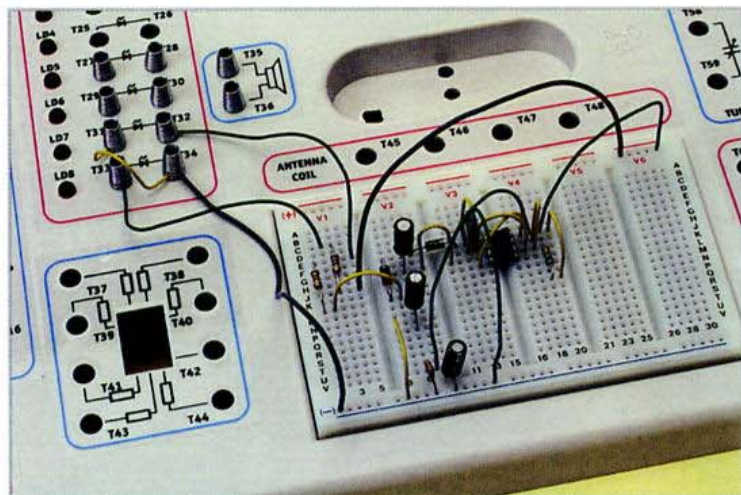
# Invertitore

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 560 Ω |
| R2,R3 | 2K2 |
| C1 | 100 nF |
| C2 | 2,2 µF |
| C3 | 2,2 nF |
| C4 | 10 µF |
| C5 | 22 µF |
| D1, D2 | 1N4001 |
| U1 | 555 |
| LD7, LD8 | |

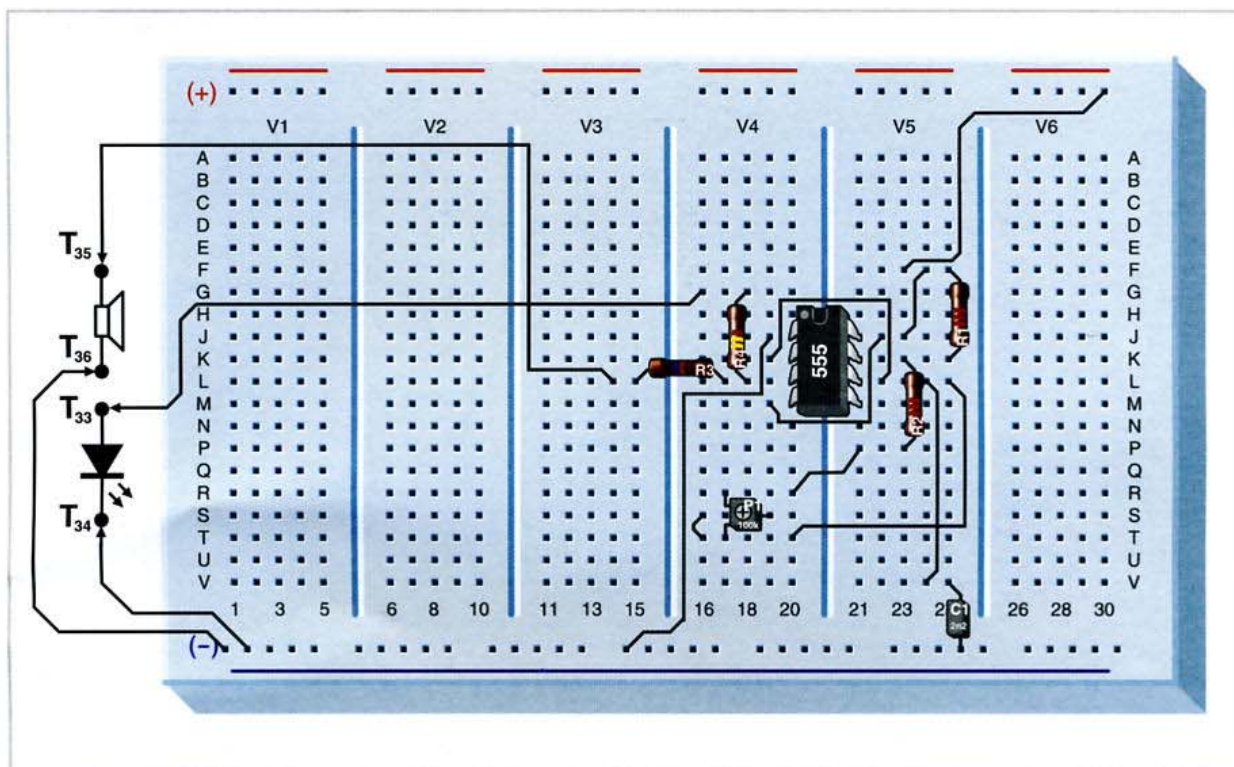
## Duplicatore invertitore

Il circuito duplicatore, formato dai diodi D1, D2 e dai condensatori C4 e C5, come dice il nome, raddoppia, oltre a invertirne la polarità, la tensione che possiede alla propria entrata. Per funzionare correttamente ha bisogno di una tensione d'entrata che permetta il trasferimento del carico dal primo condensatore al secondo. La tensione è quella erogata dall'astabile. Il circuito ci fornisce una tensione d'uscita intorno a –6 Volt tra i terminali negativo output e (-). Funziona correttamente per consumi da 5 a 10 mA, per il motivo che la corrente che può fornirci è abbastanza bassa.

## Esperimento

La corrente di uscita che ci erogherà il circuito è quella proveniente dalla carica posseduta dal condensatore C5 prelevata dal condensatore C4. La tensione di uscita dipenderà direttamente dalla suddetta corrente: se il consumo è maggiore, la carica si consuma più rapidamente e la tensione cade. Per verificarlo, possiamo collocare il condensatore C2 al posto di C5; in questo modo, e con il diodo LED LD7 all'uscita, verificheremo che la luminosità è minore se il condensatore ha immagazzinato, al proprio interno, una carica minore. Collocando due o tre diodi in parallelo, si potrebbe anche provocare un aumento del consumo di corrente. Così verificheremo come i diodi si illuminino sensibilmente di meno: il circuito, infatti, non può erogare una corrente maggiore. Variare la frequenza del segnale dell'oscillatore è un'altra prova che potremmo fare; questa configurazione ci mostrerebbe che, pur cambiando R1 o C1, avremo nella tensione d'uscita dei piccolissimi cambiamenti.

*Se vogliamo che questo montaggio funzioni correttamente, si deve fare molta attenzione alla polarità dei suoi componenti.*

# Oscillatore astabile con 555

## Il "timer" del 555 facilita la progettazione dei circuiti astabili.

Una delle classiche configurazioni di questo circuito integrato temporizzatore è quella dell'oscillatore astabile. Il periodo di tempo T1 in cui il segnale di uscita permane a livello alto '1' e a livello basso '0', si determina facilmente scegliendo gli adeguati valori delle due resistenze e del condensatore esterno.

## Il circuito

Il circuito del nostro esperimento ci permetterà di ottenere un segnale di uscita di cui potremo variare la frequenza regolando il cursore del potenziometro P1. Se la frequenza è bassa, il segnale di uscita cambia molto lentamente di livello; negli istanti in cui rimane a livello alto, il diodo LED si illuminerà. Se, invece, aumentassimo la frequenza, non riusciremmo a vedere quando il diodo LED si spegne perché, apparentemente, ci sembrerà sempre acceso.

Approfittando del fatto che questo circuito può erogare una corrente di uscita abbastanza elevata, possiamo collegargli all'uscita un altoparlante di modo che, quando la frequenza di uscita è all'interno della banda audio, lo si sentirà nell'altoparlante e potremo verificare "a orecchio" se l'oscillatore sta funzionando.

*I valori dei componenti sono facilmente calcolabili*

## Controllo dei tempi

I tempi, sia allo stadio alto che a quello basso, sono indipendenti dall'alimentazione, perché dipendono dai valori delle resistenze e del condensatore. Per calcolare il periodo di tempo in cui l'uscita rimane a livello alto, applicheremo direttamente la seguente formula: $T1 = 0,7(R1 + R2 + P1)C1$, mentre per calcolare T2, livello basso, applicheremo quest'altra formula: $T2 = 0,7(R2 + P1)C1$. La differenza tra i due tempi è data dal valore della resistenza R1, che farà sì che T1 non sia mai uguale a T2. Se il valore di R1, per ipotesi, fosse molto minore di quello di P1 + R2, potremo avere valori approssimativi. La frequenza di uscita sarà, $f = 1/(T1 + T2)$ e potremo calcolarla direttamente grazie alla formula: $f = 1,44/(R1 + 2(R2 + P1))C1$. Affinché i calcoli siano corretti, esprimeremo le resistenze in Ohm e la capacità in Farad.

# Oscillatore astabile con 555

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2 | 2K2 |
| R3 | 560 Ω |
| R4 | 3K3 |
| P1 | 100 K |
| C1 | 2,2 nF |
| U1 | 555 |
| LD8 | |
| Altoparlante | |

## Avviamento

Nel nostro montaggio, inizieremo con un condensatore da 2,2 nF che ci permetterà di ottenere delle frequenze dai 6,13 KHz ai 99,18 KHz, variando solamente il potenziometro P1. Le frequenze sono alte abbastanza da rendere possibile la visione del lampeggio del LED, che rimarrà sempre acceso; potremo, comunque, udire perfettamente il segnale se avremo nel potenziometro una resistenza bassa. Sappiamo che l'orecchio può percepire frequenze fino a circa 16 KHz e, se abbiamo un orecchio fine, anche fino ai 18 KHz; pertanto se in P1 partiamo da una resistenza zero potremo percorrere tutte le frequenze, mentre ne stiamo aumentando il valore, fino a cessare di sentirlo, perché potremo raggiungere frequenze di 99 KHz.

*Per limitare la corrente di uscita dell'integrato, e non distruggerlo, è importante inserire in serie la resistenza da 560 con l'altoparlante.*

## Sperimentazione con i condensatori

Vediamo quale effetto si produce cambiando il condensatore C1 da 2,2 nF con un altro da 100 nF. Variando P1, potremo ottenere una gamma di frequenze basse (dai 135 Hz ai 2.185 Hz), che non potremo vedere mediante l'accensione del LED, ma che potremo sentire a orecchio in tutti i loro valori. Se, adesso, modifichiamo il valore del condensatore a 2,2 nF, la gamma delle frequenze si abbasserà fino a pochi Hertz e il suono sarà molto simile a un "clac clac".

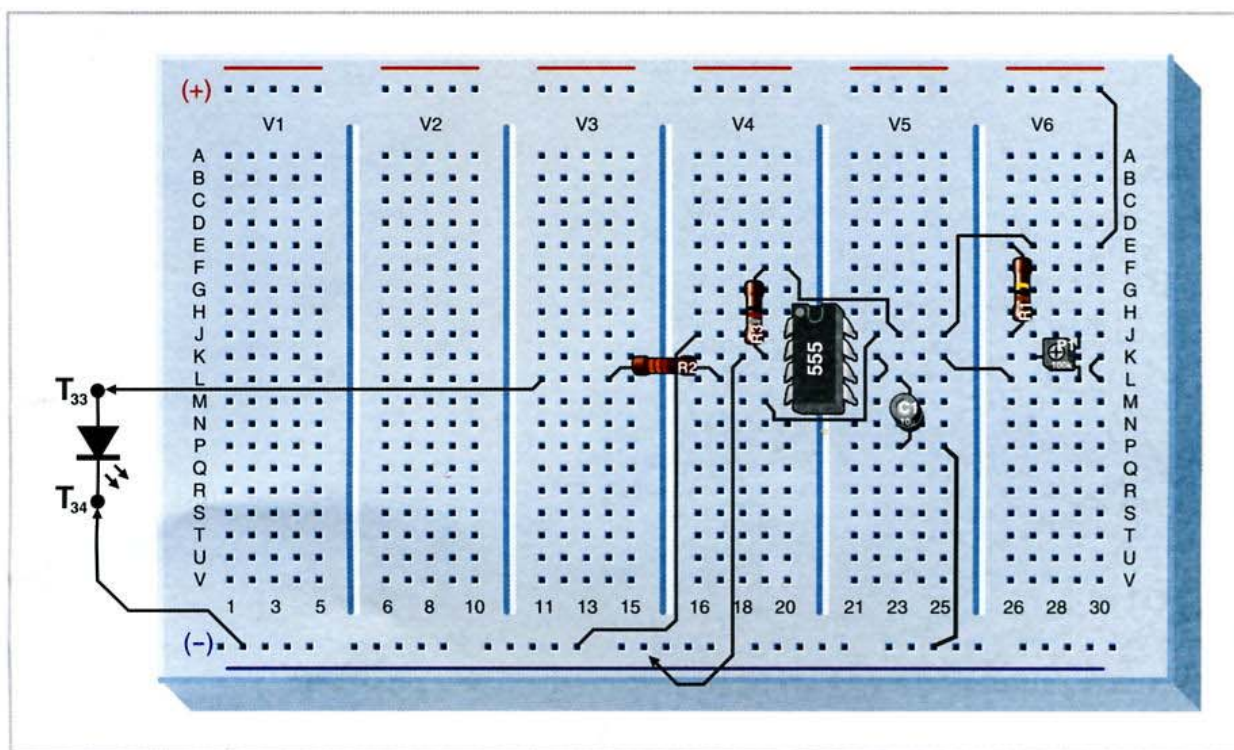
Potremo provare anche con condensatori maggiori, ad esempio, da 10 o 22 µF: osservando quando si accende e quando si spegne il diodo LED, otterremo così valori di tempo misurabili con un cronometro.

## Sperimentazione con le resistenze

Possiamo cambiare anche il valore delle resistenze. Per lavorare, lasceremo il condensatore da 2,2 µF, mentre cambieremo i valori delle resistenze così da ottenere dei tempi T1 e T2 maggiori.

Mettendo una R1 da 18 K e una R2 da 10 K, i tempi diventeranno considerevolmente maggiori e potremo anche cronometrarli. Per tempi molto grandi, dovremo mettere resistenze da 220 K e da 470 K.

# Oscillatore monostabile con 555

## Il periodo di tempo in cui l'uscita permane ad alto livello può essere calcolato con precisione.

Tutti abbiamo premuto un pulsante per accendere una luce che dopo un determinato periodo di tempo si spegne: è esattamente il comportamento di un monostabile collegato, in questo caso, ad una lampadina. Questo tipo di montaggio si chiama monostabile perché possiede soltanto uno stato stabile. Il circuito, normalmente, ha la sua uscita a '0' e se introduciamo alla sua entrata un segnale – il segnale di accensione, così chiamato perché attiva il temporizzatore –, altro non è che un cambiamento da '0' a '1', l'uscita si attiva per il periodo di tempo precedentemente calcolato e determinato dal valore di alcuni componenti esterni all'integrato.

## Il circuito

Sono molte le applicazioni del nostro circuito, dato che possiamo utilizzarlo sempre quando vogliamo attivare un qualcosa per un determinato periodo di tempo. È un circuito molto preciso: può anche arrivare a emettere impulsi d'uscita che vanno da pochissimi microsecondi fino ad un minuto. Inoltre, neanche il fatto di funzionare per molto tempo non lo condiziona, perché, per quanto concerne la temperatura, è stabilissimo.

*La temporizzazione inizia con il passaggio da '0' a '1' all'entrata di accensione.*

## Controllo della temporizzazione

La formula che determina direttamente il periodo di tempo in cui il segnale di uscita, cioè il terminale 3 del circuito, rimane ad alto livello, è la seguente: $T = 1{,}1(R1 + P1)C1$.

In situazione di riposo, quindi senza accendere il temporizzatore, l'uscita starà a '0' e il diodo LED LD8 rimarrà spento. Se, adesso, colleghiamo momentaneamente a (-) il terminale 2 del circuito integrato, provocheremo un impulso d'accensione del monostabile che farà passare ad alto livello l'uscita e rimarrà in questo stato per tutto il periodo di tempo, fissato grazie ai valori di alcuni componenti. Come abbiamo già detto, il livello alto dell'uscita si manifesta mediante l'accensione del diodo LED.

## Avviamento

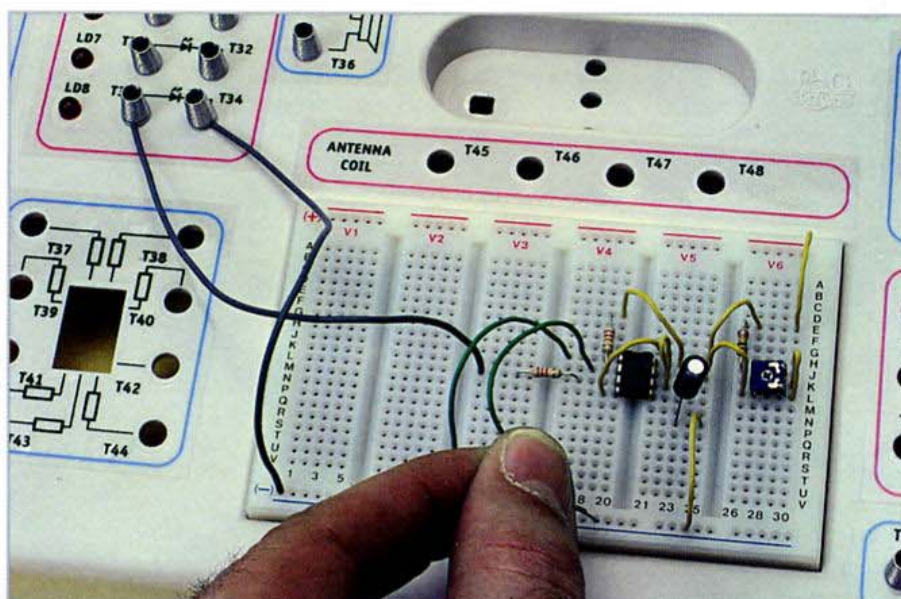
Per iniziare il nostro esperimento, partiamo con un condensatore C1 da 10 µF e

# Oscillatore monostabile con 555

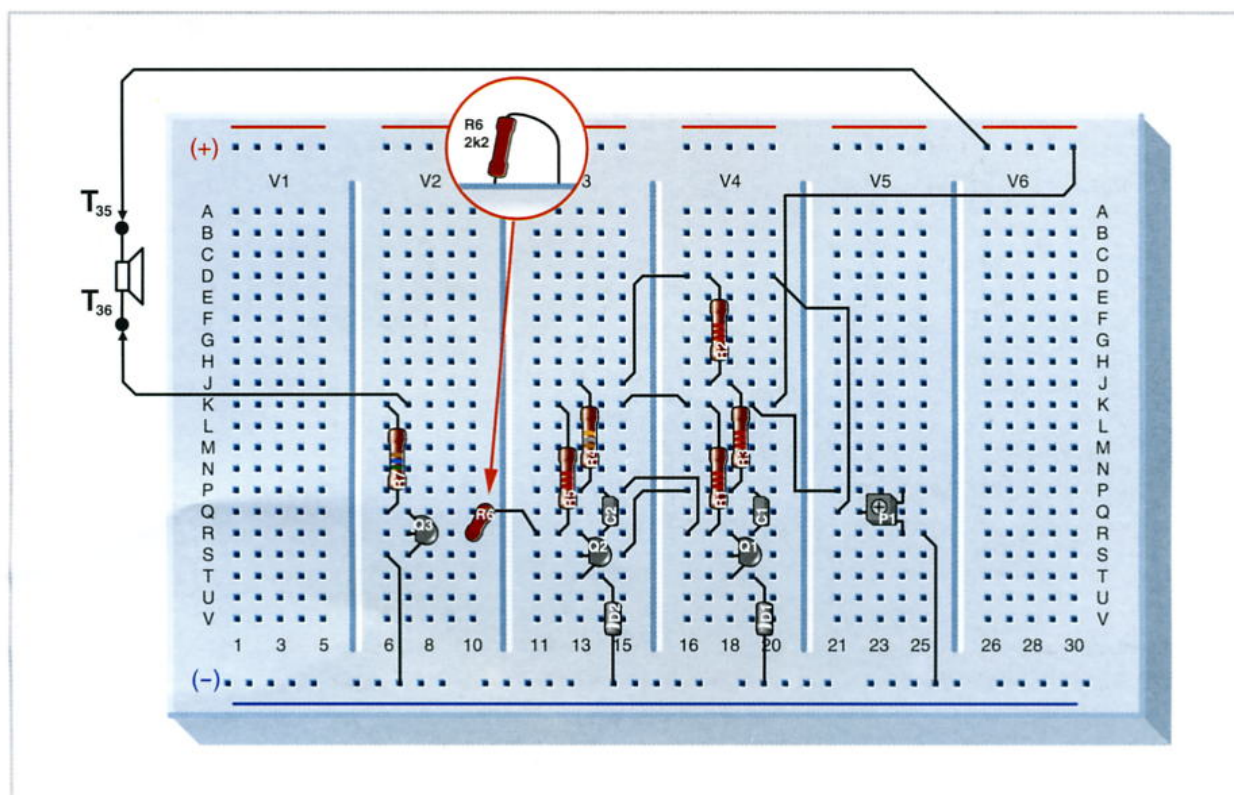
| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 100 K |
| R2 | 3K3 |
| R3 | 82 |
| P1 | 100 K |
| C1 | 10 µF |
| U1 | 555 |
| LD8 | |

con una resistenza R1 da 100 K. Con questi valori possiamo ottenere all'uscita un segnale da 1,1 secondi, quando il potenziometro è a '0', e da 2,2 secondi, quando è con la sua massima resistenza da 100 K. Trattandosi di tempi così piccoli, non si può distinguere bene la variazione di uscita quando varia il potenziometro, però se lo mettessimo sui valori estremi, ne percepiremmo visivamente l'effetto.

## Variazioni

Una volta visto il funzionamento del circuito, introduciamo alcuni cambiamenti nei diversi componenti per vedere come, effettivamente, si producano i cambiamenti nella temporizzazione del segnale di uscita. Se utilizziamo per C1 un condensatore da 22 µF e per R1 una resistenza da 100 K, all'uscita otterremo una temporizzazione che cambierà dai 5,3 secondi agli 8 secondi. Se vogliamo raggiungere tempi di circa mezzo minuto, per R1 dovremo utilizzare una resistenza da 1M. Per tempi maggiori, potremo collocare condensatori e resistenze di maggior valore. Al contrario, per valori di tempi più piccoli, si devono ridurre i valori; se i tempi sono piccolissimi, però, sarà difficile vederli a occhio perché il LED si spegnerà velocemente.

*Scegliendo adeguati valori per i componenti, si riesce ad ottenere una vasta gamma di tempi di temporizzazione.*

AUDIO
2
AUDIO

# Oscillatore controllato in tensione

VCO deriva dall'inglese Voltage Controlled Oscillator, oscillatore controllato dalla tensione. Se guardiamo attentamente lo schema del circuito potrebbe sembrarci familiare perché, in pratica, è un astabile realizzato con dei transistor, e in cui i transistor Q1 e Q2 conducono alternativamente. Il terzo transistor Q3 viene utilizzato per pilotare l'altoparlante, che, in questo caso, viene impiegato per metterci in condizione di verificare a orecchio le variazioni di frequenza che la modifica della tensione applicata alle resistenze R2 e R4 provoca.

*La frequenza dipende dalla tensione*

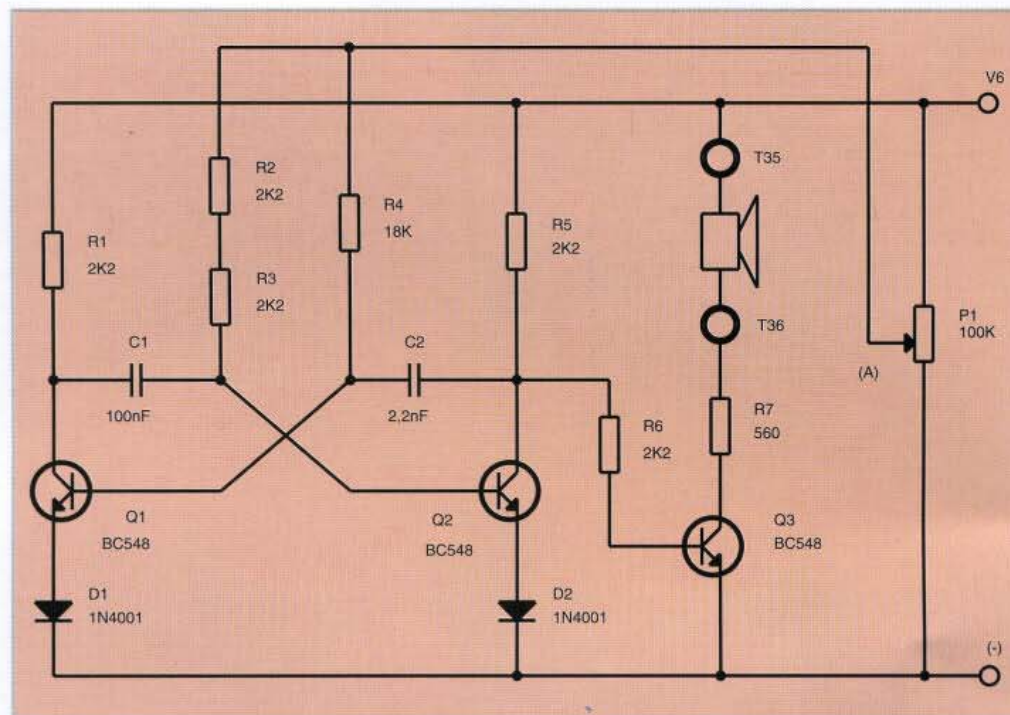
## La frequenza

La frequenza generata in questo circuito dipende dal tempo che i condensatori C1 e C2 impiegano a caricarsi attraverso rispettivamente R2, R3 e R4. Un'estremità di ciascuna di queste resistenze viene portata al terminale segnato nello schema con la (A). Si può ottenere la tensione di controllo collegando il terminale A a qualsiasi contatto da V1 a V6 del montaggio realizzato sulla piastra dei prototipi. È anche possibile farlo collegando i terminali estremi del potenziometro con i terminali della piastra dei prototipi (-) e (V6). Il cursore può essere collocato su qualunque valore di tensione tra 0 e 9 Volt. Verificheremo a orecchio la frequenza di uscita quando si produrranno cambiamenti nella tensione applicata al terminale (A), con un procedimento o con l'altro.

## Gamma delle frequenze

Questo tipo di circuito funziona all'interno di una vasta gamma di frequenze, ma, se si utilizzano frequenze udibili, non avremo bisogno di strumenti per verificarne il funzionamento: i cambiamenti di frequenza rientrano nella gamma che può essere facilmente apprezzata dall'orecchio umano.

## Spiegazione

È logico pensare che se si carica attraverso una resistenza un condensatore, il condensatore si caricherà più rapidamente se la tensione applica-

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2, R3, R5, R6 | 2K2 |
| R4 | 18 K |
| R7 | 560 Ω |
| P1 | 100 K |
| C1 | 100 nF |
| C2 | 2.2 nF |
| D1, D2 | 1N4001 |
| Q1, Q2, Q3 | BC548 |
| Altoparlante | |

ta è maggiore, oppure viceversa. Il condensatore C2 si carica attraverso la resistenza R4 e il C1 attraverso R2 e R3. Se ci sono variazioni di tensione, quindi, ci saranno variazioni di corrente.

*Variando un livello della tensione, si ottiene un cambiamento della frequenza.*

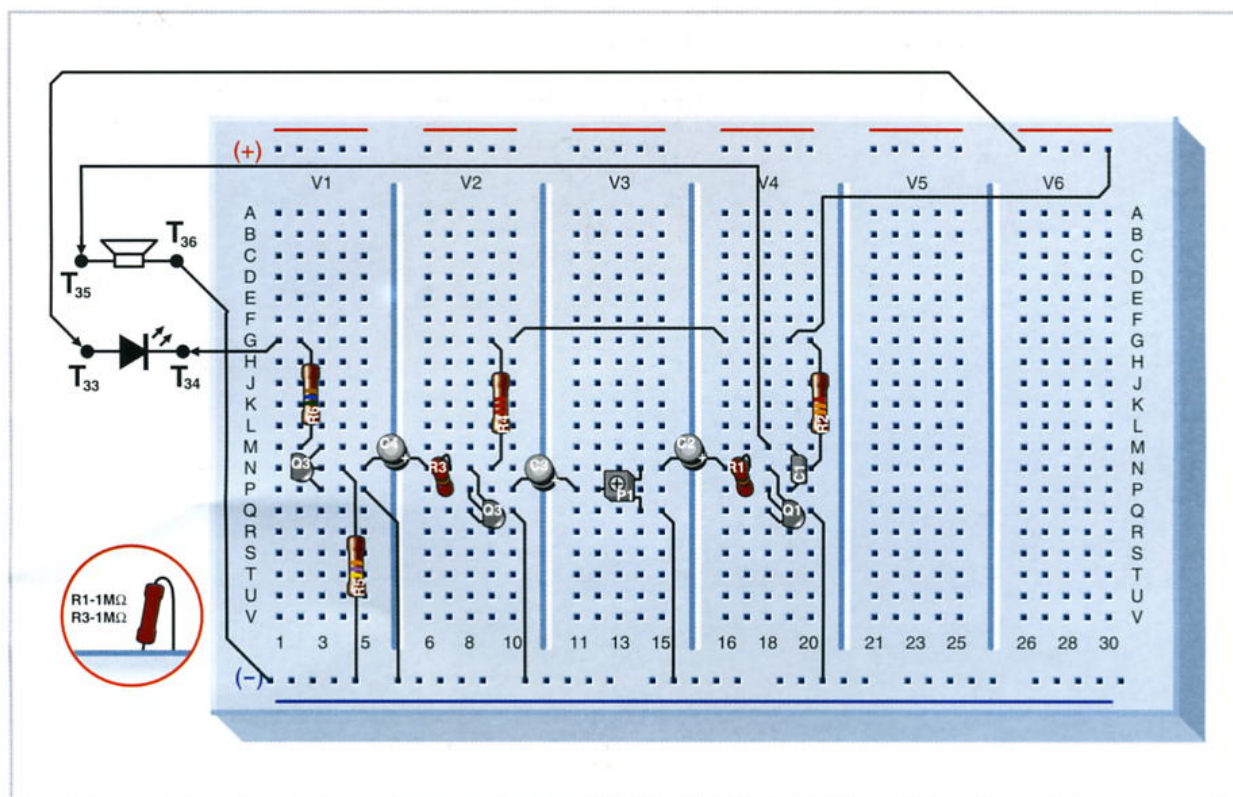
## L'esperimento

Come d'abitudine, il montaggio verrà realizzato sulla piastra dei prototipi del laboratorio, facendo attenzione a non confondere le connessioni.

Le connessioni dell'altoparlante sono i terminali delle molle T35 e T36. Lo si può sperimentare cambiando i valori delle resistenze R2, R3, R4 e dei condensatori C1 e C2, ma scartando quei valori che impediscono che il suono emesso dall'altoparlante si senta. È importantissimo non commettere errori sulla polarità dei diodi e sulla distribuzione dei terminali dei transistor.

# Rilevatore di rumori

## Quando il suono rilevato supera un certo livello, un diodo LED si illumina.

**Indicatore luminoso del suono**

Il circuito utilizza l'altoparlante come elemento rilevatore del suono, come se fosse un microfono. Il transistor Q1 amplifica il debole segnale generato dall'altoparlante.
L'uscita del primo stadio di amplificazione giunge a un potenziometro, con il quale il segnale viene regolato fino ad arrivare al livello adeguato per amplificare l'entrata del secondo stadio amplificatore, simile al primo, ma costruito con un altro transistor del tipo BC548. In questo stadio viene di nuovo amplificato e la sua uscita viene applicata all'ultimo stadio che, quando riceve un livello sufficiente, rende il transistor Q3 in grado di condurre provocando così l'illuminazione del diodo LED, che usiamo per indicare la presenza del suono. Mediante il potenziometro P1 si regola la sensibilità del nostro circuito; quest'ultimo può captare il suono a vari metri di distanza.

### Primo stadio

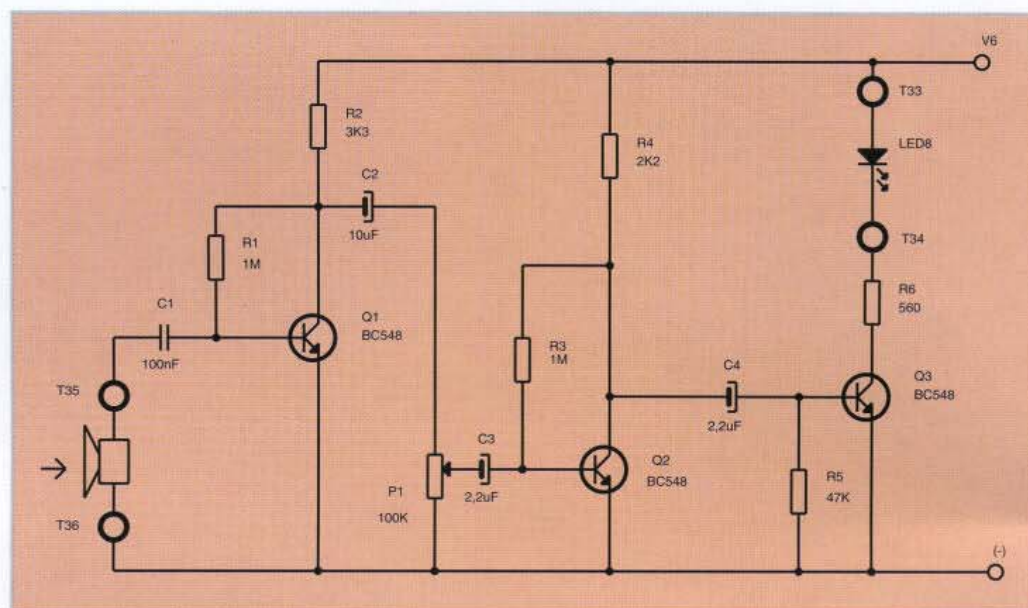
Il primo stadio è formato dal transistor Q1 e dalle resistenze di polarizzazione di base e collettore, rispettivamente R1 e R2. L'entrata e l'uscita non sono accoppiate in corrente continua per non influenzare la polarizzazione dei transistor; a tal fine vengono utilizzati i condensatori C1 e C2 che lasciano passare i segnali alternati, ma non quelli continui.

### Secondo stadio

È simile al primo: anch'esso, mediante i condensatori di disaccoppiamento, viene separata la tensione continua. Tra il primo e il secondo stadio di amplificazione viene aggiunto un potenziometro per regolare la sensibilità del circuito. L'amplificazione ottenuta dai due stadi risulta elevata e rende sensibilissimo il circuito: grazie al potenziometro, però, se ne può limitare la sensibilità.

### Stadio finale

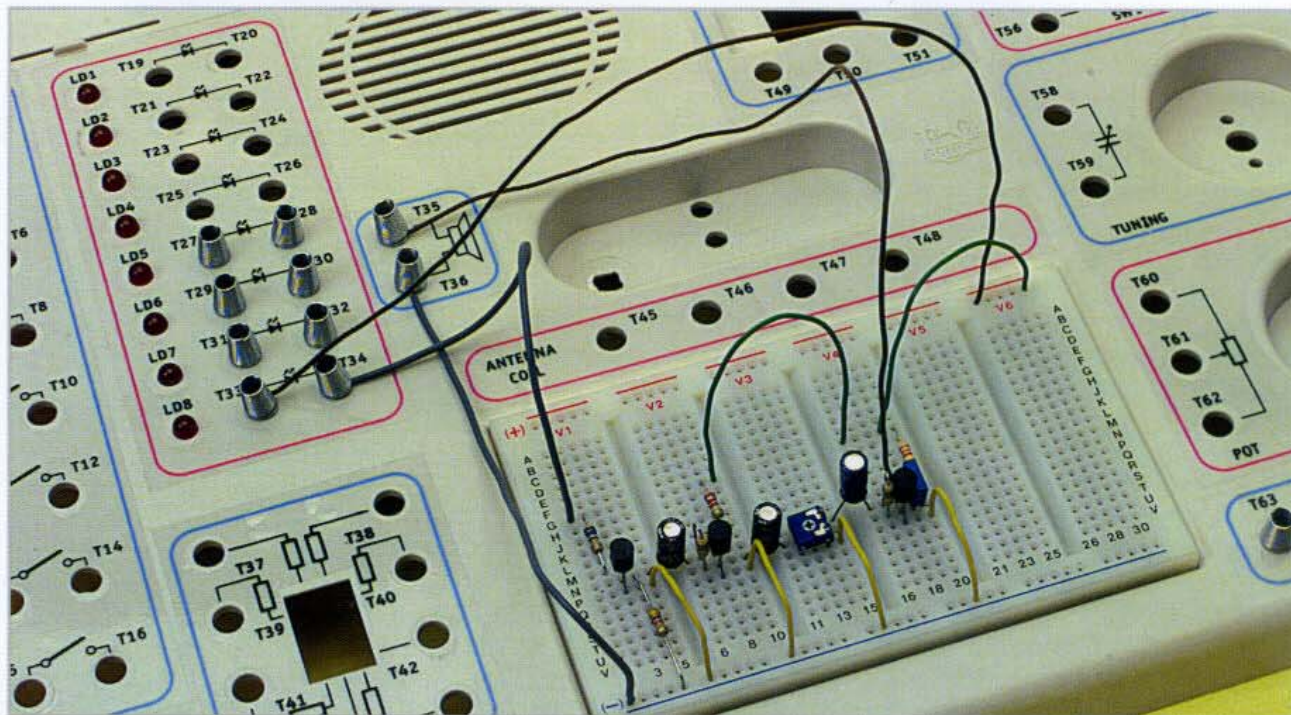
Controlla l'illuminazione del LED: il transistor conduce quando la sua tensione base/emettitore supera 0,6 Volt. La resistenza R6 da 560 Ω limita la corrente che circola attraverso il diodo

# Rilevatore di rumori

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1,R3 | 1M |
| R2 | 3K3 |
| R4 | 2K2 |
| R5 | 47 K |
| R6 | 560 Ω |
| P1 | 100 K |
| Q1,Q2,Q3 | BC548 |
| C1 | 100 nF |
| C2 | 10 µF |
| C3,C4 | 2,2 µF |
| LED 8 | |

LED. La resistenza R5 facilita il veloce spegnimento del LED quando cessa la polarizzazione di Q3.

## Funzionamento

Il diodo LED si illuminerà seguendo il ritmo del suono rilevato; il circuito è sensibilissimo e deve essere regolato a seconda del suono captato. Perché il diodo LED si illumini, è sufficiente parlare davanti all'altoparlante.

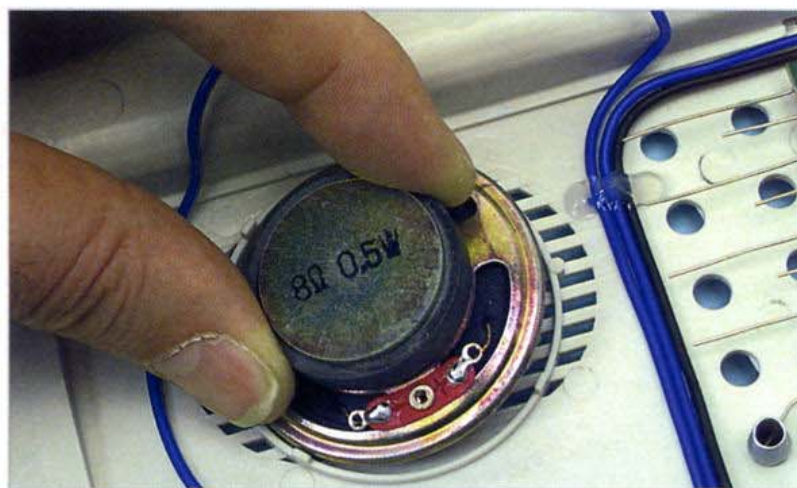
Logicamente, prima che si illumini il LED, il circuito è già attivato: si attiva quando la fonte del suono è vicina. Può essere impiegato anche per attivare un allarme quando esiste un rumore. Se il circuito non funziona, dovremo rivedere il montaggio, facendo particolare attenzione all'inserimento dei transistor.

*Grazie al potenziometro P1 possiamo regolare la sensibilità del circuito.*

# L'altoparlante

## L'altoparlante, oltre a riprodurre i suoni, può anche rilevarli.

MATERIALI

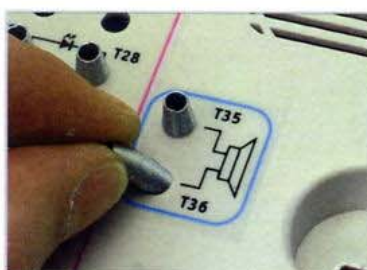
1. Connettore alimentazione
2. Cavo nero

**1** L'altoparlante rende udibili i segnali che contengono delle frequenze all'interno della banda audio. Va inserito nel laboratorio; vengono fornite due molle per poterlo collegare e scollegare rapidamente.

**2** L'altoparlante ha un proprio alloggiamento sul pannello frontale e va installato dalla parte inferiore. Dovrà risultare ben centrato e con i terminali orientati verso la parte inferiore, cosicché le connessioni siano più corte possibili.

### Trucchi

L'altoparlante va fissato alla cassa con poche gocce di silicone: si deve fare molta attenzione a non deformare il cono, la membrana, cioè, che spostandosi produce il suono. Anche le quattro linguette di plastica del bordo del telaio d'inserimento possono essere piegate: a tal fine si scalderà un chiodo di circa 5 cm e, prendendolo per la punta, lo si spingerà con la testa contro la plastica. Non si utilizzerà la punta del saldatore, a meno che non la si protegga con un foglio d'alluminio per evitare che si macchi. Sarebbe meglio utilizzare del silicone per il fissaggio che, in caso di guasti, potrà essere rimosso col taglierino.

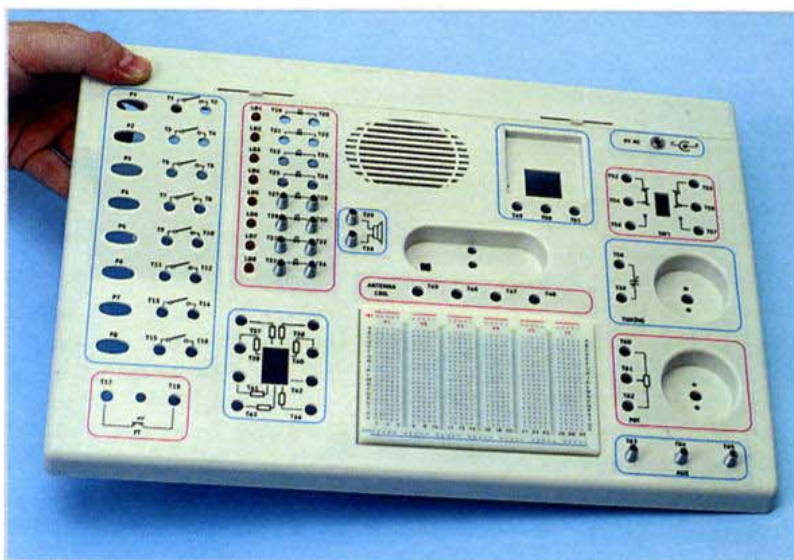
# L'altoparlante

**3** Si fissa nelle parti sporgenti con quattro gocce di silicone; il laboratorio deve rimanere capovolto finché il silicone non è perfettamente indurito.

**4** Le molle di collegamento vanno fissate nei fori T35 e T36. Vanno inserite dall'esterno, tirandole piano dall'interno e ruotandole.

**5** A ciascun terminale dell'altoparlante va saldato un pezzo di filo di rame nudo lungo approssimativamente 36 mm.

**6** Il filo di rame nudo va fissato tra le due spire delle molle che avremo prima allargate inclinandole leggermente.

**7** Settimana dopo settimana si completa l'interno del laboratorio; i cavi di connessione dell'altoparlante non ne devono toccare la carcassa e non devono naturalmente toccarsi tra loro.

**8** Le connessioni dell'altoparlante sono accessibili dal pannello frontale attraverso le due molle T35 e T36.

**9** L'inserimento dell'altoparlante consente di realizzare molti esperimenti audio e di segnalazione.